

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**GALLIUM NITRIDE-BASED COMPOUND SEMICONDUCTOR LIGHT- EMITTING ELEMENT**

Patent Number: JP6069543  
Publication date: 1994-03-11  
Inventor(s): MANABE KATSUhide; others: 03  
Applicant(s): TOYODA GOSEI CO LTD  
Requested Patent: ☐ JP6069543  
Application Number: JP19920245717 19920820  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L33/00  
EC Classification:  
Equivalents:

---

**Abstract**

---

**PURPOSE:** To obtain a gallium nitride-based compound semiconductor light- emitting element wherein pure blue light constituting three primary colors for light is emitted by a method wherein an I layer is formed as a two-layer structure by a first Zn-doped I layer and by a second Mg-doped I layer.

**CONSTITUTION:** An AlN buffer layer 2 is formed on a sapphire substrate 1, and a high-carrier-concentration N<+> layer 3 composed of GaN, a low-carrier- concentration N layer 4 composed of GaN, a first I layer 5 at a Zn concentration of  $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$  and a second I layer 6 at an Mg concentration of  $1 \times 10^{20} / \text{cm}^3$  are formed sequentially on it. Then, an electrode 7 connected to the second I layer 6 and formed of aluminum and an electrode 8 connected to the high- carrier-concentration N<+> layer 3 and formed of aluminum are formed. Consequently, when the luminous intensity of a light-emitting diode 10 is measured, it is at 10mcd, its luminous wavelength is at 460 to 470nm and it is possible to obtain nearly pure blue emitted light which can constitute three primary colors for light.

---

Data supplied from the esp@cenet database - 12

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)特許出願公開番号

特開平6-69543

(43)公開日 平成6年(1994)3月11日

(51)Int.Cl.<sup>4</sup>

H01L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 7514-4M

審査請求 未請求 請求項の数1(全4頁)

(21)出願番号 特願平4-245717

(22)出願日 平成4年(1992)8月20日

(71)出願人 000241463

豊田合成株式会社

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地

(72)発明者 真部 勝英

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 小滝 正宏

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1番地 豊田合成株式会社内

(74)代理人 井理士 藤谷 修

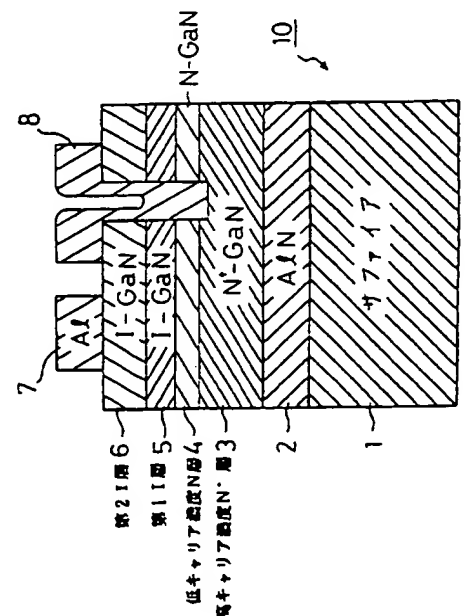
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

(57)【要約】

【目的】 発光色をより純粋な青色に近づけること。

【構成】 N型の窒化ガリウム系化合物半導体( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $x=0$ を含む)からなるN層と、P型不純物を添加したI型の窒化ガリウム系化合物半導体( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $x=0$ を含む)からなるI層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、I層を、Znドーパの第1I層とMgドーパの第2I層との2重構造とした。この結果、450～470nmの青色発光が得られた。



R006761

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 N型の窒化ガリウム系化合物半導体( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $x=0$ を含む) からのなるN層と、P型不純物を添加したI型の窒化ガリウム系化合物半導体( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $x=0$ を含む) からのなるI層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、

前記I層を、Znのドーブされた第1 I層とMgのドーブされた第2 I層との2層構造としたことを特徴とする発光素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は青色発光の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子に関する。

## 【0002】

【従来技術】 従来、青色の発光ダイオードとしてGaN系の化合物半導体を用いたものが知られている。そのGaN系の化合物半導体は直接遷移であることから発光効率が高いこと、光の3原色の1つである青色を発光色とすること等から注目されている。

## 【0003】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、GaN発光ダイオードの半絶層は、Znをドーブしたものが使用されているため、その発光色は緑がかった青色であり、光の3原色となる純粋な青色の発光は得られていなかった。

【0004】 そこで、本発明の目的は、GaN系の化合物半導体の発光ダイオードにおいて、光の3原色となり得る青色の発光を得ることである。

## 【0005】

【課題を解決するための手段】 本発明は、N型の窒化ガリウム系化合物半導体( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $x=0$ を含む) からのなるN層と、P型不純物を添加したI型の窒化ガリウム系化合物半導体( $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ ;  $x=0$ を含む) からのなるI層とを有する窒化ガリウム系化合物半導体発光素子において、I層を、Znのドーブされた第1 I層とMgのドーブされた第2 I層との2層構造としたことを特徴とする。

【0006】 又、上記第1 I層の厚さは500～5000Å、Zn濃度は $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ であるのが望ましい。又、第2 I層の厚さは500～5000Å、Mg濃度は $1 \times 10^{19} \sim 1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ であるのが望ましい。第1 I層の厚さが500 Å以下となると、発光輝度が低下し、5000 Å以上となると、直列抵抗が高くなるので、望ましくない。又、第1 I層のZn濃度は $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 以下となると、発光輝度が低下し、 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 以上となると、発光輝度が低下するので、望ましくない。更に、第2 I層の厚さが500 Å以下となると、発光輝度が低下し、5000 Å以上となると、直列抵抗が高くなるので、望ましくない。又、第2 I層のMg濃度は $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ 以下となると、発光輝度が低下し、 $1 \times 10^{21}/\text{cm}^3$ 以上となると、発光輝度が低下するので、望ましくない。

## 【0007】

【発明の作用及び効果】 本発明は、I層を、Znのドーブされた第1 I層とMgのドーブされた第2 I層との2層構造としたので、発光ダイオードの発光色を純粋な青色に近づけることができた。

## 【0008】

【実施例】 以下、本発明を具体的な実施例に基づいて説明する。図1において、発光ダイオード10は、サファイア基板1を有しており、そのサファイア基板1に500 ÅのAlNのパッファ層2が形成されている。そのパッファ層2の上には、順に、膜厚約2.2 μm、キャリア濃度 $1.5 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ のGaNから成る高キャリア濃度N<sup>-</sup>層3、膜厚約1.1 μm、キャリア濃度 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ のGaNから成る低キャリア濃度N層4、Zn濃度 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ の第1 I層5及びMg濃度 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ の第2 I層6とが形成されている。そして、第2 I層6に接続するアルミニウムで形成された電極7と高キャリア濃度N<sup>-</sup>層3に接続するアルミニウムで形成された電極8とが形成されている。

【0009】 次に、この構造の発光ダイオード10の製造方法について説明する。上記発光ダイオード10は、有機金属化合物気相成長法(以下「MOVPE」と記す)による気相成長により製造された。用いられたガスは、NH<sub>3</sub>とキャリアガスH<sub>2</sub>とトリメチルガリウム( $\text{Ga}(\text{CH}_3)_3$ ) (以下「TMG」と記す)とトリメチルアルミニウム( $\text{Al}(\text{CH}_3)_3$ ) (以下「TMA」と記す)とシラン( $\text{SiH}_4$ )とジエチル亜鉛(以下「DEZ」と記す)とシクロペンタジエニルマグネシウム( $\text{Mg}(\text{C}_5\text{H}_5)_2$ ) (以下「CPzMg」と記す)とである。

【0010】 まず、有機洗浄及び熱処理により洗浄したc面を主面とする単結晶のサファイア基板1をMOVPE装置の反応室に載置されたサセプタに装着する。次に、常圧でH<sub>2</sub>を2 Liter/分で反応室に流しながら温度1100℃でサファイア基板1を気相エッチングした。

【0011】 次に、温度を400℃まで低下させて、H<sub>2</sub>を20 Liter/分、NH<sub>3</sub>を10 Liter/分、TMAを $1.8 \times 10^{-5}$ モル/分で供給してAlNのパッファ層2が約500 Åの厚さに形成された。

【0012】 次に、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、H<sub>2</sub>を20 Liter/分、NH<sub>3</sub>を10 Liter/分、TMGを $1.7 \times 10^{-4}$ モル/分、H<sub>2</sub>で0.86 ppmまで希釈したシラン( $\text{SiH}_4$ )を200 ml/分の割合で30分間供給し、膜厚約2.2 μm、キャリア濃度 $1.5 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ のGaNから成る高キャリア濃度N<sup>-</sup>層3を形成した。

【0013】 続いて、サファイア基板1の温度を1150℃に保持し、H<sub>2</sub>を20 Liter/分、NH<sub>3</sub>を10 Liter/分、TMGを $1.7 \times 10^{-4}$ モル/分の割合で15分間供給し、膜厚約1.1 μm、キャリア濃度 $1 \times 10^{19}/\text{cm}^3$ のGaNから成る低キャリア濃度N層4を形成した。

【0014】 次に、サファイア基板1を900℃にして、

3

H<sub>2</sub>を20Liter/分、NH<sub>3</sub>を10Liter/分、TMGを $1.7 \times 10^{-4}$ モル/分、DEZを $1.5 \times 10^{-4}$ モル/分の割合で3分間供給して、膜厚2000Å、GaNから成るZn濃度 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ の第1層5を形成した。

【0015】次に、サファイア基板1を1150℃にして、H<sub>2</sub>を20Liter/分、NH<sub>3</sub>を10Liter/分、TMGを $1.7 \times 10^{-4}$ モル/分、CP<sub>2</sub>Hgを $2 \times 10^{-7}$ モル/分の割合で3分間供給して、膜厚2000ÅのGaNから成るHg濃度 $1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ の第2層6を形成した。このようにして、図2に示すような多層構造が得られた。

【0016】次に、図3に示すように、第2層6の上に、スパッタリングによりSiO<sub>2</sub>層11を2000Åの厚さに形成した。次に、そのSiO<sub>2</sub>層11上にフォトレジスト12を塗布して、フォトリソグラフィにより、そのフォトレジスト12を高キャリア濃度N<sup>+</sup>層3に対する電極形成部位のフォトレジストを除去したパターンに形成した。

【0017】次に、図4に示すように、フォトレジスト12によって覆われていないSiO<sub>2</sub>層11をフッ酸系エッチング液で除去した。次に、図5に示すように、フォトレジスト12及びSiO<sub>2</sub>層11によって覆われていない部位の第2層6とその下の第1層5と低キャリア濃度N層4と高キャリア濃度N<sup>+</sup>層3の上面一部を、真空度0.04Torr、高周波電力0.44W/cm<sup>2</sup>、BCl<sub>3</sub>ガスを10cc/分でドライエッチングした後、Arでドライエッチングした。

【0018】次に、図6に示すように、第2層6上に残っているSiO<sub>2</sub>層11をフッ酸で除去した。次に、図7に示すように、試料の全全面に、Al層13を蒸着により形成した。そして、そのAl層13の上にフォトレジスト14を塗布して、フォトリソグラフィにより、そのフォトレジスト14が高キャリア濃度N<sup>+</sup>層3及び第2層6に対する電極部が残るように、所定形状にパターン形成した。

【0019】次に、図7に示すようにそのフォトレジスト14をマスクとして下層のAl層13の露出部を硝酸系エッチング液でエッチングし、フォトレジスト14をア

4

セトンで除去し、高キャリア濃度N<sup>+</sup>層3の電極8、第2層6の電極7を形成した。

【0020】このようにして製造された発光ダイオード10の発光強度を測定したところ10mcdであった。又、発光波長は、460～470nmであり、光の3原色となり得る純粋に近い青色の発光を得ることができた。

【0021】尚、上記実施例で用いたマグネシウムHgのドーピングガスは、上述のガスの他、メチルシクロペンタジエニルマグネシウムHg(C<sub>5</sub>H<sub>7</sub>)<sub>2</sub>を用いても良い。

又、上記実施例では、n層を高キャリア濃度n<sup>+</sup>層3と低キャリア濃度n層4の二重層構造としたが、単層のn層で構成しても良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の具体的な一実施例に係る発光ダイオードの構成を示した構成図。

【図2】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図3】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図4】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図5】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図6】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

【図7】同実施例の発光ダイオードの製造工程を示した断面図。

10…発光ダイオード

1…サファイア基板

2…バッファ層

3…高キャリア濃度N<sup>+</sup>層

4…低キャリア濃度N層

5…第1層

6…第2層

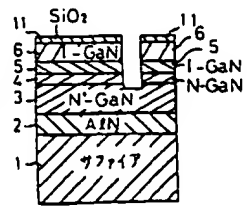
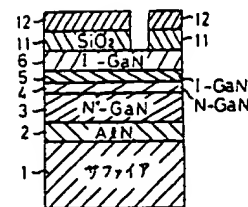
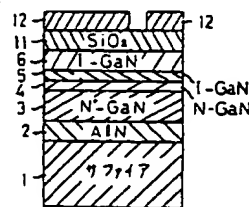
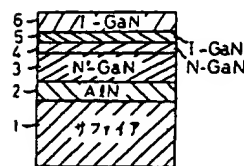
7, 8…電極

【図2】

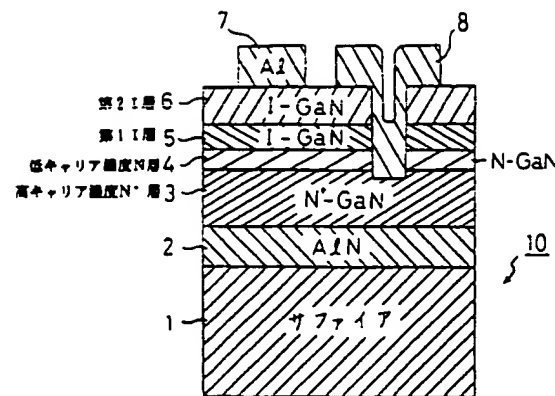
【図3】

【図4】

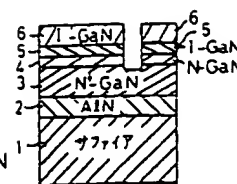
【図5】



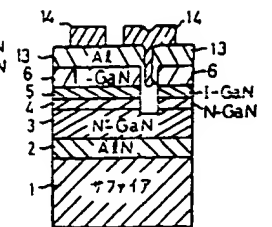
【図1】



【図6】



【図7】



フロントページの続き

(72)発明者 加藤 久喜

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1

番地 豊田合成株式会社内

(72)発明者 佐々 道成

愛知県西春日井郡春日町大字落合字長畑1

番地 豊田合成株式会社内